

Na świecie wytwarza się obecnie ponad 400 milionów ton rocznie tworzyw polimerowych a ich produkcja z każdym kolejnym rokiem systematycznie wzrasta. Objętościowo produkcja tworzyw polimerowych znacznie przekroczyła objętość produkowanej stali. Jeśli natomiast przeanalizujemy, które polimery cieszą się największym zainteresowaniem użytkowym, okaże się, że pierwsze trzy pozycje na liście zajmują polimery częściowo krystaliczne: polipropylen, polietylen niskiej i wysokiej gęstości. Podczas procesu krystalizacji większości takich materiałów powstają kryształy lamelarne i sferolity. Między lamelami/sferolitami znajdują się obszary niekrystaliczne, nieuporządkowane, zwane **fazą amorficzną**. Polimery częściowo krystaliczne są lekkie, tanie a znaczna ich część dopuszczona została do kontaktu z żywnością, co czyni je materiałami preferowanymi do zastosowań w opakownictwie (ok. 40% produkowanych polimerów). Dla tego rodzaju zastosowań właściwości barierowe są zazwyczaj kluczowe. Powszechnie przyjmuje się, że kryształy lamelarne są nieprzepuszczalne nawet dla najmniejszych cząsteczek gazu. Dlatego transport gazów przez polimery częściowo krystaliczne odbywa się preferencyjnie przez obszary amorficzne. Nanostruktura obszarów nieuporządkowanych wydaje się zatem kluczowym parametrem determinującym właściwości barierowe danego materiału polimerowego.

W związku z powyższym, zostały wytypowane trzy główne obszary badawcze, których celem jest lepsze zrozumienie korelacji między nanostrukturą obszarów amorficznych a właściwościami barierowymi polimerów częściowo krystalicznych. Projekt obejmie przeprowadzenie kompleksowych badań dotyczących **wplywu początkowej gęstości splątania makrocząsteczek na nanostrukturę obszarów amorficznych a tym samym na właściwości barierowe polimerów częściowo krystalicznych (Cel I)**. Najnowsze doniesienia literaturowe wskazują na niepomijalny wpływ gęstości splątania makrocząsteczek na właściwości reologiczne i mechaniczne, a także na przebieg krystalizacji i topnienia polimerów. Jednak wpływ gęstości splątania makrocząsteczek na nanostrukturę obszarów amorficznych a tym samym na właściwości barierowe polimerów częściowo krystalicznych nigdy nie był analizowany. Przygotowane zostaną i poddane analizie modelowe próbki wybranych polimerów częściowo krystalicznych (polipropylen (PP), polilaktyd (PLA), poli(tlenek etylenu) (PEO)) o zbliżonej strukturze składnika krystalicznego a różniące się gęstością splątania makrocząsteczek w obszarach nieuporządkowanych.

Projekt obejmie przeprowadzenie systematycznych badań dotyczących **wplywu udziału i nanostruktury sztywnej frakcji amorficznej (RAF) na właściwości barierowe polimerów częściowo krystalicznych**. Ponadto, planuje się **znalezienie skutecznej metody umożliwiającej modyfikację obszarów sztywnej fazy amorficznej prowadzącej do poprawy właściwości barierowych polimeru (Cel II)**. Wpływ RAF na wybrane właściwości materiałów polimerowych, zwłaszcza mechaniczne, był analizowany w przeszłości. Jednakże wpływ udziału i nanostruktury tego komponentu na właściwości barierowe polimerów częściowo krystalicznych nigdy nie był systematycznie analizowany. Przygotowane zostaną i poddane analizie modelowe próbki wybranych polimerów częściowo krystalicznych (poli(tereftalan etylenu) (PET), poli(eteroeteroketon) (PEEK) i PLA) o różnej zawartości sztywnego komponentu amorficznego. W ostatnim etapie niniejszego celu zaplanowano modyfikację RAF prowadzącą do efektywnego zwiększenia "upakowania molekularnego", co powinno skutkować zmniejszeniem średniej wielkości porów objętości swobodnej i poprawą właściwości barierowych.

W ramach projektu przeprowadzone zostaną kompleksowe badania dotyczące **wplywu rozkładu rozmiaru porów objętości swobodnej obszarów amorficznych na właściwości barierowe polimerów częściowo krystalicznych (Cel III)**. W wielu publikacjach próbki o zbliżonym średnim rozmiarze porów objętości swobodnej wykazują wyraźnie różne zdolności do separacji gazów. Dlatego przygotowane zostaną i poddane analizie modelowe próbki wybranych polimerów częściowo krystalicznych (polietylen wysokiej gęstości (HDPE), PP, PLA) o podobnej strukturze składnika krystalicznego oraz zbliżonej średniej wielkości porów objętości swobodnej, ale różnym rozkładzie ich rozmiarów.

Kompleksowa charakterystyka struktury/właściwości modelowych próbek o pożądanej nanostrukturze obszarów amorficznych przeprowadzona zostanie z wykorzystaniem: spektroskopii czasu życia anihilacji pozytonów (PALS), kolumny gradientowej (DGC), mikroskopii o wysokiej rozdzielczości (AFM, SEM, TEM), pomiarów mechanicznych w trybie rozciągania, technik termicznych i termomechanicznych (TGA, DMTA, DSC), technik rozpraszania promieniowania rentgenowskiego (WAXS, SAXS), aparatury do pomiaru właściwości barierowych. W końcowym etapie każdego zadania zostanie określona i omówiona korelacja między nanostrukturą obszarów amorficznych a właściwościami barierowymi.

Wspomniane powyżej cele (związane z nanostrukturą i właściwościami fazy amorficznej oraz jej wpływem na właściwości barierowe polimerów krystalizujących) zostały uformowane w oparciu o szczegółową analizę danych literaturowych oraz potencjalny wpływ wyników uzyskanych w efekcie realizacji niniejszego projektu na rozwój szeroko rozumianej inżynierii materiałowej.